溫室微氣候環控裝置與系統之應用

周 立 強
宜蘭農工專科學校土木科助教

王 鼎 盛
臺灣大學農業工程學系副教授

李 勝 伍
臺灣大學農業工程研究所碩士

摘 要

本文目的在於延續溫室微氣候環控中簡易感測系統之製作與裝置。以實地裝設於宜蘭農工專校新建溫室，進行環控操作，將實際所面臨及遭遇到的技術問加以克服及設計改良。

該溫室環控以溫濕度控制模式爲主體寫成C語言程式，配合個人電腦多功能實驗界面卡（內含類比／數位轉換、數位／類比轉換、數位訊號輸出入及計數器等界面）、多工及放大器界面卡、固態電譯驅動卡等電腦周邊界面裝置作系統連結及運轉，加上以感溫IC(AD 590)計測室內外乾濕球、土層、披覆材內外及作物葉面等溫度並自設小型農業微氣象觀測站（包括電氣直示型通風溫濕度計測箱、太陽電池日射計、風杯～發電機風速計及感雨器）計測室外微氣象。經實地操作運轉證明，此裝置組合滿足溫室設施樣本控制系統之控制方式並有效調節室內溫濕度環境。其造價低及施工技術已有模式可循，極適合推廣至微氣候環控要求較高之精密溫室。

關鍵詞：溫室微氣候，溫濕度控制模式，溫室設施樣本控制系統。

Applications of The Equipment and System for Greenhouse Microclimates Control

abstract

The purpose of this study is to install a simple sensing system for microclimates control in a fan-pad type greenhouse. The simple sensing system has been installed in a greenhouses located at Horticlture Department, National I-lan Institute of Agriculture & Technology. The system also has been operated to solve the problems such as stability and malfuction related to the system's operation.

The system is mainly classified as the temperature-humidity control mode 1 and has been modified to satisfy the control requirements. A computer program written by C-Language has been created to model the temperature-humidity control process. The equipment consists of 1 Personal Computer (PC), 1 PC multifunction lab card (involve 12 analog / digital converters, 2 digital/analog converters, 1 digital signal input/output-and-counter card), 1 multiplexer & amplifier card, SSR & relay driver board, 21 temperature sensors (AD590) and some other microclimate sensors. T type thermalcouple is being substituted by AD590 type temperature sensor to measure the temperature of soil layers, cover material, dry-wet bulb (both indoor and outdoor) and the leaf surfaces ; and a significant result has been found in this study. For the purpose of measuring microclimates, the sensors which include 1 electric-

directed type ventilation temperature-humidity sensor, 1 solar-cell type radiation sensor, 1 goblet- generator type wind-speed sensor and 1 rain inductor are installed in a Agricultural Meteorological Data Acqusition station. This study shows that the set-up system well controls the temperature and humidity in the greenhouses.

Two other two contibutions are found from this study :

(1) the cost of the set-up system is as low as $10,000, and

(2) the experience gained from the installation provides us much knowledge for future application.

As a result, the system set-up in this study can be applied to the greenhouses which require a strictly environmental control.

keywords: greenhouse microclimates, the temperature-humidity control model.

一、前　　言

本文延續了溫室微氣候環境控制中簡易感測元件之製作與裝置(周立强, 1991)及溫室設施樣本控制系統(李勝伍,1990)之研發，修改以溫濕度控制模式爲主體之C語言程式，以適合其他不同設備機能之溫室。其中改良了自製感測元件(溫濕度、風速、日射、感雨器等)及研發施工裝設之技術。其與電腦及各控制單元連接，組成一環控感測系統裝置，以取得現況資料作爲輸入控制之依據，爲一動態可回授控制系統，並配合選用已設定之四種溫濕度控制操作方式(含經驗、適當、佳適、最佳控制操作)，行觀測、控制功能(李勝伍,1991)。

在感測元件方面，以測溫IC(AD 590)加工防銹防潮處理取代T型熱電偶補償線以計測土層、披覆材內外、作物葉表面等之溫度。並以AD 590測溫IC組合通風溫濕度計測箱可計測室內外乾濕球溫度及相對

濕度。此外在室外並自設一小型農業微氣象觀測站包括電氣直示型通風溫濕度計測箱、太陽電池式日射計、風杯－發電機式風速計及感雨器一套組合。

在界面聯結方面，感測元件均使用同類界面電路板包括；個人電腦多功能實驗界面卡(內含類比/數位轉換、數位/類比轉換、數位訊號輸出入及計數器等界面單元)、多工及放大器界面卡、固態電驛驅動卡等電腦周邊界面裝置。而本套溫室環控自動化設備及系統將按照宜蘭農工專校園藝科水牆型(Pad and Fan type)溫室之各電氣設備及回路等硬體條件作設計聯結，使能切入在該系統下操作運轉及切出在原系統簡單控制下操作。

二、前人研究

吳峰日(1990)曾提及日本農林水產省研究機關强力推行其農林水產方面生產性的提高，乃需要自動化、省力化技術開發，而自動化、省力化必定需要導入感測器技術。根據　山(1976)其提供以設施園藝為中心並含畜產、水產等方面，在現階段所使用之感測器種類，本文參考了設施園藝項目生產環境內之日射(光)、溫度、濕度、風速等項所使用的感測器並綜合日本通產省機械情報產業局計量課與自動校正系統研究委員會所編著一書[11]及中淺測器株式　社出版之自然ち計る一書農業氣象與設施園藝篇乃選定光電池式測日射、測溫半導體測溫度及乾濕球溫度方式計測相對濕度　、風杯－發電機式測外風速。

Aldrich 與 Bartok氏(1988)在[12]中述及在溫室環控其以裝設通風箱箱(內含溫濕度等感測元件)以計測並饋控室內環境，而本文參考其方式，採行强制通風式並作改良設計成電氣直示型通風溫濕度計測箱作為溫室內不同環控操作方式所配合之感測裝置。

王明燦(1988)在[4]提到感測器四種線性化方式及感測電路與電

腦界面。且渡部一郎(1987)在[14]中資料及基礎篇提供計測數據統計整理與率定之方法。本文乃依選用感測元件特性而採行不同線性化、率定及電腦界面；AD 590測溫IC本身已具線性化，但需經溫度電壓轉換電路及兩點法(黃克定,1989;吳朗,1990)率定校正其溫度－電壓特性曲線及關係式。太陽電池式日射計採對數函數區間線性化方式求其關係式並與標準熱電式日射性比對作率定校正(周立强,1991)。風杯—發電機式風速計採線性函數直接線性化(周立强,1991)。

由78年6月16至27日臺大農工系農業設施研究室計測臺灣地區暑熱環境下各代表型溫室微氣候環境(王鼎盛,1989)可知；在改變狀態特性組合以後，室內溫室微氣候環境變化分析有賴於該套計測儀器系統，而狀態特性組合之選用匹配對降溫效果有一定影響(亦視溫室設計及設備機能而定)而本文所應用溫室環控設備各操作檔係運用此一狀態特性組合之觀念。此外本文參考吉野(1976)提出以電腦控制系統爲基礎的設施園藝環境管理作業包含環境最適控制、灌溉水量、溫度、施肥及採光等的作物最適生長控制，設計本系統選項功能之操作，期能適切調節溫室內溫濕度環境。

三、材料與方法

(一)溫室環控中自製簡易感測元件特性

茲將自製之感測元件特性列述如下：

1. AD590具有較廣之工作電壓範圍(4V～30V)及其電流訊號適合長距璃輸送，不受壓降因素影響(陳克紹,曹永偉,1988)，可經由校正其偏位誤差，屬線性化感溫ＩＣ。
2. 電氣式直示型之通風溫濕度計測箱，用測溫I.C(AD590)計測乾濕球溫度誤差±0.5℃以內，相對濕度誤差在5%以內，亦足可適合溫室微氣候環境計測控制(周立强,1990)。

3.風杯～發電機式風速計，其機械性質强，啓動風速1.0m／s，解析力0.02(m／s)／1mv，防水防振動，不須放大及轉換器，藉由率定方式爲瞬間風速·經由電氣迴路可使時間常數延遲或電腦設定數據處理方式可計測室外平均風速(周立强,1990)。

4.太陽電池式日射計其動態特性經由片段對數線性化處理，計測範圍0 ～1000(W/m²)(周立强,1990)。

5.感雨器採鍍銀板，以雨量計及資料蒐集儀，簡單率定降雨强度與電壓訊號之關係(周立强,1990)。

茲將上述製作之計測元件特性作一總表如表 1 所示。

(二)系統之硬體結構

圖1所示，系統基本硬體設備係以個人電腦爲中心。在感測器方面包括溫度、相對濕度、日射量、風速、感雨等感應器。界面卡包括類比／數位(A/D)及數位/類比(D/A)、多工與放大器(Multiplexer and Amplifier)、數位輸出入器(Digital input/output board)、固態電驛及繼電器(S.S.R & Relay board) 等界面卡。個人電腦則以AT 386IBM相容型電腦爲主，配備有40Mega以上之硬碟，螢幕(Monitor)不論單色或彩色均可。溫室中各控制設備可經電磁開關或固態電驛控制，並有手控開關部份，以應付不時之需。

(三)系統之軟體結構

本系統軟體結構示於圖2 ，除此之外，需有DOS3.2版以上的磁碟作業系統及倚天中文軟體Turbo C2.0版C語言編輯軟體(程式修改用，一般使用者可不必備有)。本系統各個執行檔(*.EXE)採積木式架構，可單獨執行，也可在最高指揮程式(GHA.EXE)下聯合運作。而各個執行檔在操作時，均採本土化的選項式中文視窗，包括系統介紹、操作說明、溫室諸元、溫濕設定、灌溉設定、採光設定、其他設定、經驗控制、佳適控制、適當控制、最佳控制及資料蒐集等

12項選項功能，可示於圖。

㈣系統裝置與施工

本套設備及系統從5月4日起，在該校溫室裡實地施工裝置，分爲感測系統裝置與控制系統裝置二階段裝設。部份線路長達50公尺以上，爲避免雜訊干擾與增加耐環境性，故均採用雙隔離電纜線與通訊用配線管。最後再將感測系統與電腦及控制裝置與電腦進行聯結，其所使用裝設之儀器及設備，示於表4、表5及表6。本次設計將經驗控制與模式控制(含適當、佳適及最佳3種控制方式)作成可並行的切換操作。而裝設之感測系統聯結方塊圖示於圖3，各感測元件沒有個別轉換器(Moduls)，線路長度超過50公尺以上部份，均以電流訊號傳送，末端再轉換成電壓訊號，並以率定方式(片段線性化，高次多項式，及近似函數等方法)求其關係算式，並輸入電腦設定程式作演算。圖4爲宜蘭農工專校園藝科Pad and Fan型溫室電氣設施及環控感測設備平面配置圖。溫室單間之山牆立面圖及裝設測溫IC(AD590)測點位置圖，則示於圖5，測點安排及佈置均取溫室內部其幾何平均位置爲施測點。圖6爲溫室外裝設小型外氣候觀測台。圖7爲溫室內地表及土層溫度測點之情況。圖8爲溫室外計測披覆材表面溫度測點安裝。圖9爲在室內以電氣式直示型通風溫濕度計測箱計測乾濕球溫度及相對濕度。圖10爲在電腦室之電腦及其周邊界面設備組成之環控系統。

三、結　　果

㈠現場實地操作

本系統裝置從六月一日起在宜蘭農工專校水牆型溫室進行聯結運轉操作測試，以參數調節法檢定欲控制溫室之各環境因子，以期達到可有效的調節溫室內溫濕度環境。圖11及圖12所示爲溫室中溫

室諸元各參數設定之情況，包含熱對流係數、面積及體積、熱傳及熱容、反射及吸收、長波放射率、形態係數、土塊寬深值、溫室位置、設備之機能、披覆材位置等溫室諸元參數之設定。其中該溫室土塊寬深值之設定，示於圖11。圖12則為該溫室熱傳及熱容參數設定亦以參數調節法逐步調整以近於實測值。本套系統環控主要以溫室內的空氣溫度及相對濕度聯控為主要對象，灌溉(可利用於液體施肥)及採光(包含光周期之控制及可用於CO_2施肥)控制則是用一般的順序控制及簡單條件控制。在操作上則以瞬時取樣保持值作判斷標準，在正常狀態下將每個動作檔換檔時間作為最小連續操作時間，在操作控制方式有；經驗控制、佳適控制(Optimal-Adaptive Control)、適當控制(Adaptive Control)、最佳控制((Optimal Control)四種。如圖14中'經驗控制檔' 又稱為第一控制層，並有資料蒐集及查詢之功能。其包含了14個操作檔操作設備及每個檔的最小操作時間，由操作者依自己過去操作經驗設定控制溫室設備(含半自動控制設備的功能)，本檔適合於任何型式、構造設備之溫室，可因季節不同、設備不同而有不同之設定，為一黑箱控制，只受溫室內溫度及濕度影響，與溫室之地文因子無關。'最佳控制檔'包含在第二層控制裡，此方式是依照'溫濕度控制模式' 來模擬出的14個操作檔(在程式裡強制設定)操作後的溫室內溫、濕度值，在14個操作檔中選擇一個與操作者已經設定好的'最佳溫濕度值' 最為接近的操作檔操作。'適當控制檔'則依'溫濕度控制模式'按順序模擬出一個控制檔操作後的溫濕度值，如果其在設定的'溫濕度上下界限內時'，就選用此操作檔。'佳適控制檔'其前幾檔為最佳控制，後幾檔設定為適當控制操作，故稱之(李勝伍,1991)。

(二)操作結果說明

經過近60天操作運轉及校正改良感測系統，使其穩定可靠並以

乾濕球溫度計在溫室內作比對性的修正控制(調整設定溫室諸元各參數)。圖13所示爲該系統操作資料蒐集檔所蒐集到之溫室微氣象數據，包括表5所示各計測項目及感雨器。圖14所示則爲在電腦螢幕上經驗控制檔操作下8月25日18點46分溫室內溫度28.2℃、相對濕度100%，並有當天15點30分至18點46分之室內溫濕度歷線圖及溫室內環控所動作的設備有左右窗關、側牆開、風扇乙丙開，當時室外相對濕度達98.6%，並飄著毛毛細雨。

四、結論與建議

爲配合宜蘭農工專校新建水牆型(Pad and Fan)溫室各項硬體設施，使本系統可以直接切入聯接其原有電氣設施並匹配之而做了以下改良方式。

(一)計測器部份

1. 溫度計測元件全採AD 590，較適合長距離輸送訊號(因電腦控制室距溫室若干測點長達50公尺以上)不易受雜訊干擾，配合自製溫度與電壓轉換電路板可計測多點且解析度放大後達10 mV/C，同時可設計成同步計測多點平均溫度。其外包裝加工成探棒式可以計測土層溫度，使其機械強度及耐候性均提高。
2. 在通風箱外層加工一雙層PC板，內層貼隔熱泡棉，經AD 590計測乾濕球溫度，由電腦內附演算程式同時可得相對濕度，且誤差在5%內。此電氣式直示型通風溫濕度計測箱外包裝改成揷紐式，使攜帶、拆裝及維修更換均感方便。
3. 風速計採銅管、白鐵管及不銹鋼材料，材料取得及組合相當容易爲其設計優點，並使成本大幅降低。發電機採DC 12V 直徑3.5公分之馬達，以較符合市面上易購得之零件。
4. 日射計除自身散熱用風扇，並加裝一外給電源散熱風扇，以加強

太陽能晶片之穩定性。

5.感測元件利用PC 電腦演算功能強，可將計測儀器之待測物理因子與電氣訊號之算式，以軟體程式處理，減少很多硬體上之轉換。

(二)系統與設備連接之硬體

1.各計測器與系統界面連結採多心之雙隔離線電纜並製作連接箱，以免除靜電感應及雜訊干擾。

2.製作多工放大板、DI/O板與繼電器卡之連接箱，將其內部線路整體規劃加强其實用性並便於日後維修更換。

3.製作由電腦驅動DI/O板至DC 24V之繼電器卡，便於切入連結溫室原有控制各電磁開關、馬達之AC 110V繼電器。

(三)系統之軟體

1.已將經驗控制及模式控制(即最佳、適當、佳適控制)合併於一系統下，由其中文視窗選項功能可在鍵盤處操作切換使用。

2.本系統第二層控制因爲含有溫室內空氣溫、濕度值的饋控，所以若前一天在控制下的設備(如風扇)在面板處被人强制使用，以致第二天模擬值不準，使溫濕度值在某些檔操作內超出溫濕度界限。防止這種現象的方法有：

(1)用數位輸入板回饋偵測設備操作狀況(ON 或OFF)。

(2)請使用者操作本系統的半自動系統。

(3)設定每檔的最小操作時間在可能的範圍內儘量減小。

(4)把本系統的饋控方法改爲參數調節法。

3.本系統第二層內之模擬程式(BUT.C)，可用來評估目前溫室設備之機能(例如風扇之通風量、水帘幕汽化效率及風扇換氣率等)或作溫室設計時，擬用設備機能之檢定。

4.本系統第二層內之溫濕度控制模式裡，本身就含有植物葉溫及地

溫模擬、二氧化碳濃度模擬，故只要稍微修改模式，即可辦到。所以本系統在以後發展上可用於Speaking plant 、溫室地溫、二氧化碳濃度·等控制方面的研究。

5.溫室的溫、濕度環境控制比菇舍、牛舍豬舍等農舍的溫、濕度環境控制還複雜，故本系統的發展，對於這些農舍控制系統的發展奠定良好的基礎。

誌　　謝

本計劃承蒙行政院農委會專款補助及國立宜蘭農工專校園藝科提供新建溫室一棟供本套系統設備裝設及操作，在此致最大謝意。該校土木科技士方俊盛先生在裝設施工過程中給予全力協助，得以順利完成，于此亦一併致謝。

參考文獻

1.王鼎盛，1989，本省溫室暑熱環境評估，臺灣農業 26(2)，P60～83。

2.王鼎盛，1988，設施園藝設計手冊，初版，中華民國行政院農委會，P304～305計測器特性。

3.王鼎盛與李勝伍，1990，本省溫室降溫效果之探討，中國園藝 36(1)，P64～79。

4.王明燦編譯，1988，感測電路與微電腦界面，三版，臺北：全華科技圖書公司，P1～76。

5.李勝伍，1991，溫室設施樣本控制系統之研究，碩士論文，臺北：國立臺灣大學農業工程學研究所，P5～50。

6.吳　朗，1990，溫度感測器--理論與應用，成大電研所電子陶瓷研究室，初版，臺北：全華科技圖書公司，P1～11，139～200。

7.吳峰日，1990，感測與轉換器，初版，臺北：文笙書局，P315，467～477，531。

8.周立强，1991，溫室微氣候環控中簡易感測元件製作與裝置，碩士論文，臺北：國立臺灣大學農業工程學研究所，P1～125。

9.陳克紹與曹永偉編譯，1988，感測器原理與應用技術，初版，臺北：全華科技圖書，P21～50。

10.黃克定編譯，1989，感測器與周邊電路，初版，臺北：文笙書局，P1～83，187～206。

11.日本通產省機械情報產業局計量課監修，自動校正系統研究委員會編，1988，計測機器使用實務（計量器概論），初版，臺南：復漢出版社，Chapter1，P87～135。

12.Aldrich，Robert A. and John W.Bartok，1988，Greenhouse Engineering，P84～88。

13.自然を計る，1989，初版，中淺測器株式會社，P9，104～116，128～129，132～133，64～82。

14.渡部一郎編，1987，農業環境實驗法（農業企象學・農業環境工學）サイエンスハラス株式會社，P1～62。

15.關山，1976，農林水產になけるヤンサ，トランスジューサ，農業電化29卷9月號，P16～19。

16.吉野，1976，園藝生產のシステム化とユンビュータ利用，電氣評論，Vol.61，6。

表 1 自製感測元件特性整理一覽表

種類	細分	感應部	率定式	解析力	測定範圍	最小刻度	元件精度	誤差度
强 制計 通測 風箱 式 溫 濕 度	電氣式 直示型 使用DC 15V	AD590 測溫IC	依各元件不同有不同之率定校正式 T(℃)=100*V-C C爲校正常數	10mV/1℃ A/D卡: 10V/2^12 =2.5mV	0～100℃	0.1℃	0 .4℃ 1 Bit= 2 .5mV 即爲0.4C	+0.5℃ +0.5℃
			濕空氣性質附演算式(由乾濕球溫度計算)	********	0～100%RH	0.1%RH	* *******	+5%RH
日 射 計	太陽電 池式	非單晶 矽片	參照表2 採對數式及片段線性化	各範圍不 同,參照 表2	0～1000W/m*m #1	0.1w/m*m	各範圍不同參照表 表2	
風 速 計	杯盤～ 發電機 式	鋁合金 三杯式 及17V DC馬達	W=0.02*(mV) (M/S)	0.02m/s ／1mV	啓動風速1.0 m/s 上限風速30 m/s#2	0.1m/s	未經標準風洞實驗 檢驗	
感 雨 器	接觸電 阻式	鍍銀電 路板	參照表3 方式率定	各範圍不 同,參照 表3	大於3 mm/hr 時即電壓爲 0.3V設定防雨	*******	* *************	

註：＃1者爲元件之最大功率密度100mW/cm*cm
＃2者爲設定溫室外風速大於30m/s時之防風動作之速限・

表 2 太陽電池式日射計率定範圍表

電壓區間	數式	日射量範圍 (w/m*m)	誤差度(非線性)
1～2.27V ，1270 mV	0.16 2.35(LogV) W=10	1-98	0.077w/m^2／1mV 線性佳
2.27～2.7V，430 mV	0.7 4.14(LogV) W=10	102-199	0.22w/m^2／1mV 線性良好，
2.7～2.8V ，100mV	1.354 7.19(LogV) W=10	202-262	0.6w/m^2／1mV ±15.0W/m^2
2.8～2.825V，25mV	3 27.1(LogV) W=10	264-306	1.6w/m^2／1mV ±15.0W/m^2
2.825～2.84V，15mV	5 131.3(LogV) W=10	305-353	3.2W/m^2／1mV ±9.0W/m^2
2.84～2.9V，60 mV	4.11 65.8(LogV) W=10	353-580	3.78W/m^2／1mV ±36W/m^2
2.9～2.94V，40mV	2.2 15.08(LogV) W=10	580-695	2.875w/m^2／1mV ±24w/m^2
2.94～2.98V，40mV	1.36 7.974(LogV) W=10	695-77	2.025W/m^2／1mV ±24w/m^2
2.98～3.05V，70mV	1.1 6.568(LogV) W=10	776-908.68	1.88W/m^2／1mV ±21w/m^2

註:率定方式取二次對數，再片段線性化以Lotus123迴歸，反求各段近似函數。

表 3　降雨強度與感雨器之電壓(Vr)關係

降雨強度範圍	電壓Vr
＜3mm／hr	0.3
3～15 mm／hr	0.3-0.8
＞15 mm／hr	0.8以上

註：依照中央氣象局降雨強度區分爲 4 級：

小雨------------- ＜3 mm／hr

中雨--------- 3～15 mm／hr

大雨--------- ＞15 mm／hr

豪雨--------- ＞130 mm／day，出現15 mm／hr

表 4　使用在溫濕度控制模式方式下之儀器與設備

名　稱	主 要 規 格	數量	品 牌
386型個人電腦	25 Mega Herz,40 Mega 硬碟	1 臺	聲寶
A/D與D/A界面卡	12 bit,0.015%非線性,10,5,2,1伏等	1 片	研華PCL-812
固態電驛卡(SSR board)	可裝8個SSR(05AC,230V),交直流兩用	2 片	研華PCLD-786
D I/O&計數界面卡	16 Chanel 數位輸出入	1 片	研華PCL-720
多工與放大界面卡	16 Chanel 輸入,可擴充。放大率可選擇	2 片	研華PCL-789
溫濕度計測箱	有抗氧防潮防輻射外殼,可測乾濕球溫½	#2 個	自製
風速計	風杯-發電機式,啓動風速2.0 m/s	1 台	自製
日射計	太陽電池式(4個非單晶矽片串聯,電壓2V)	1 台	自製
感雨器	3 mm/hr以上有感應電壓(0.3V以上)產生	1 台	自製

表 5　施測項目與測點數及所使用之感測元件一覽表

施測項目	測點數	使用之感測元件
室外地表面溫度	1	自製測溫IC及其轉換電路
室外土層內溫度	3	自製測溫IC及其轉換電路
室內地表面溫度	2	自製測溫IC及其轉換電路
室內土層內溫度	6	自製測溫IC及其轉換電路
被覆材外內溫度	2	自製測溫IC及其轉換電路
作物葉表面溫度	1	自製測溫IC及其轉換電路
室內乾濕球溫度 *	2	自製測溫IC及其轉換電路
室外乾濕球溫度 *	2	自製測溫IC及其轉換電路
室外風速	1	風杯～發電機式風速計
室外日射	1	太陽電池式日射計

* 者為電氣式直示型通風溫濕度計測箱，可同時求得相對濕度

表6　欲控制之溫室內各硬體設施一覽表

名　稱	功　能	數 量
風量型風扇	通風、換氣、降溫、相對濕度調節	3 臺
天窗開關馬達	開關左右天窗，通風、換氣、降溫	2 臺
水牆水泵馬達	供水到水簾幕	1 臺
水牆側窗馬達	開關水牆側窗,可外氣調節室內環境	1 臺
外網收拉馬達	收拉外遮陰網	1 臺
噴灌系統	灌溉、亦可調節室內環境	1 臺

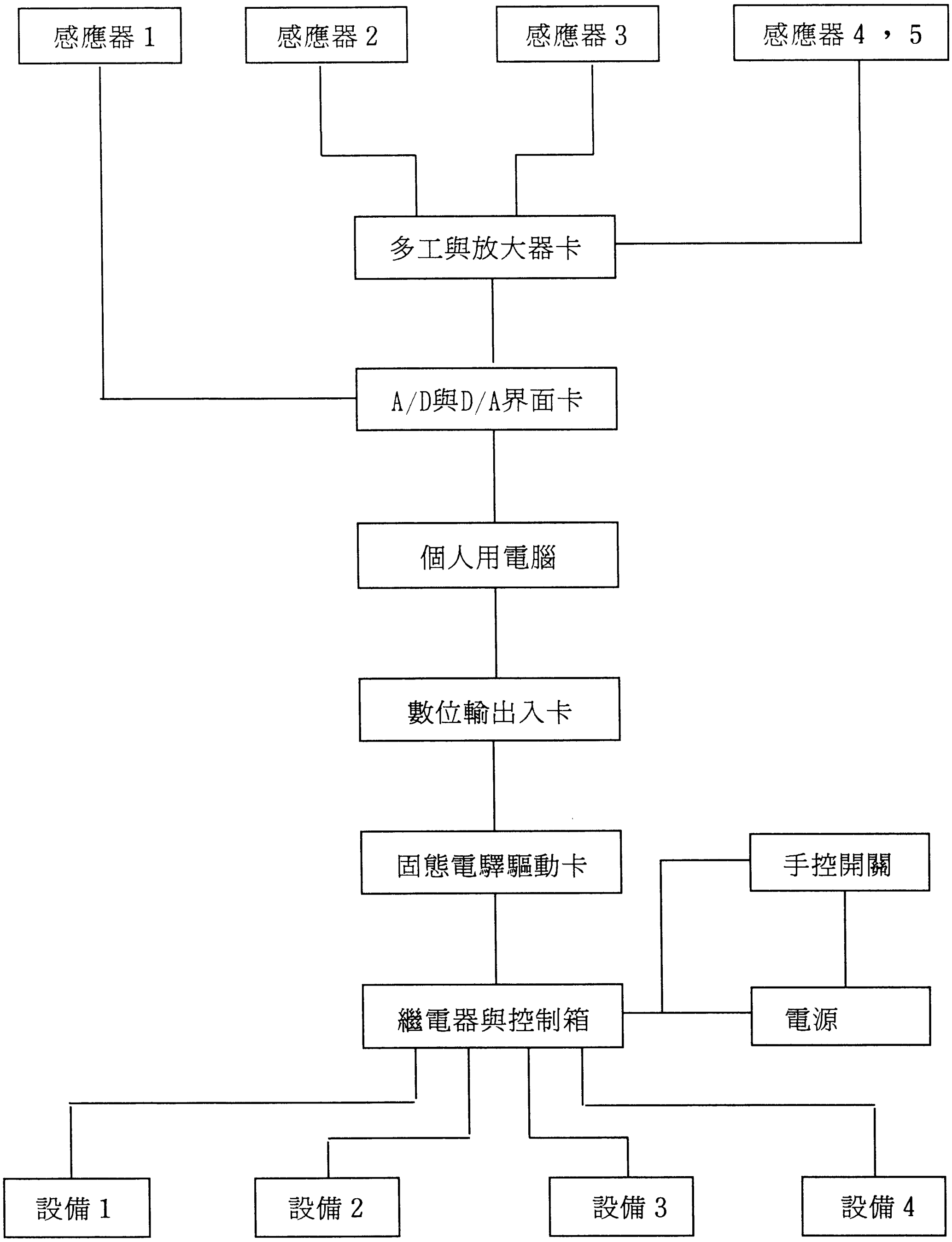


圖 1　系統之硬體結構組成

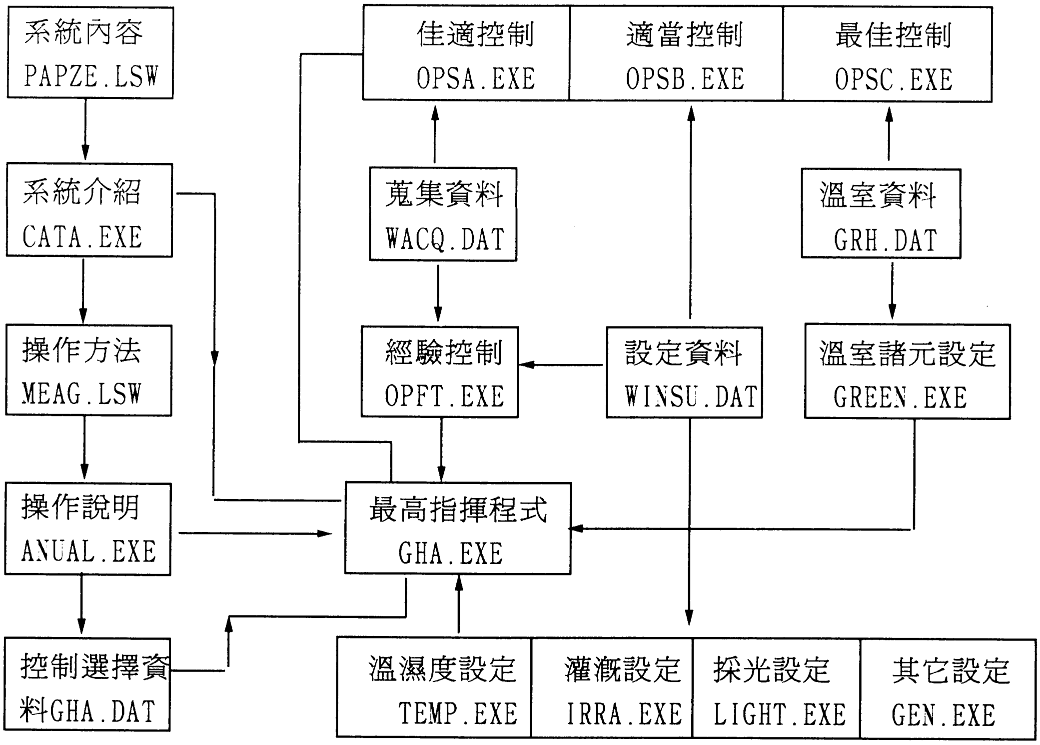


圖 2　系統之軟體結構組成

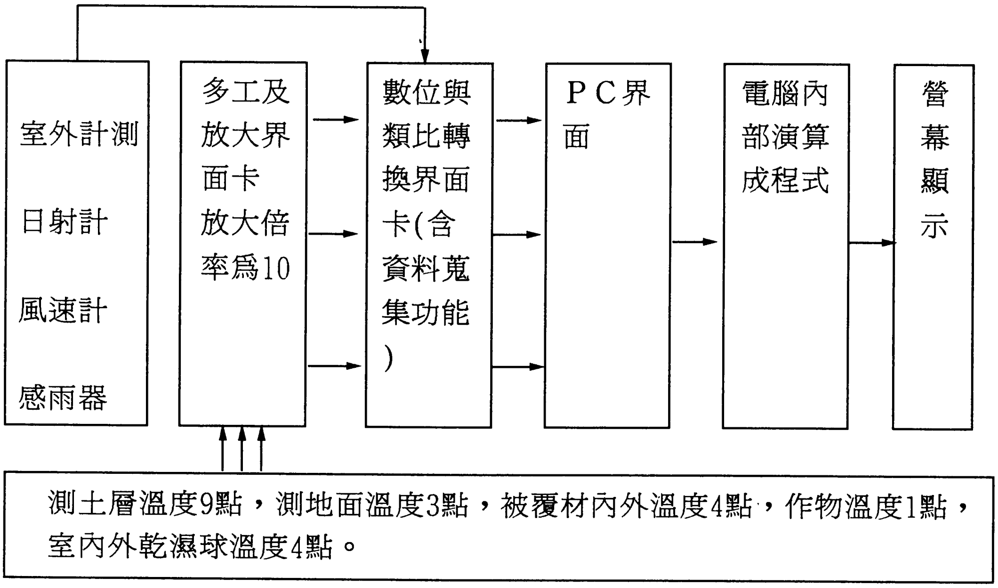
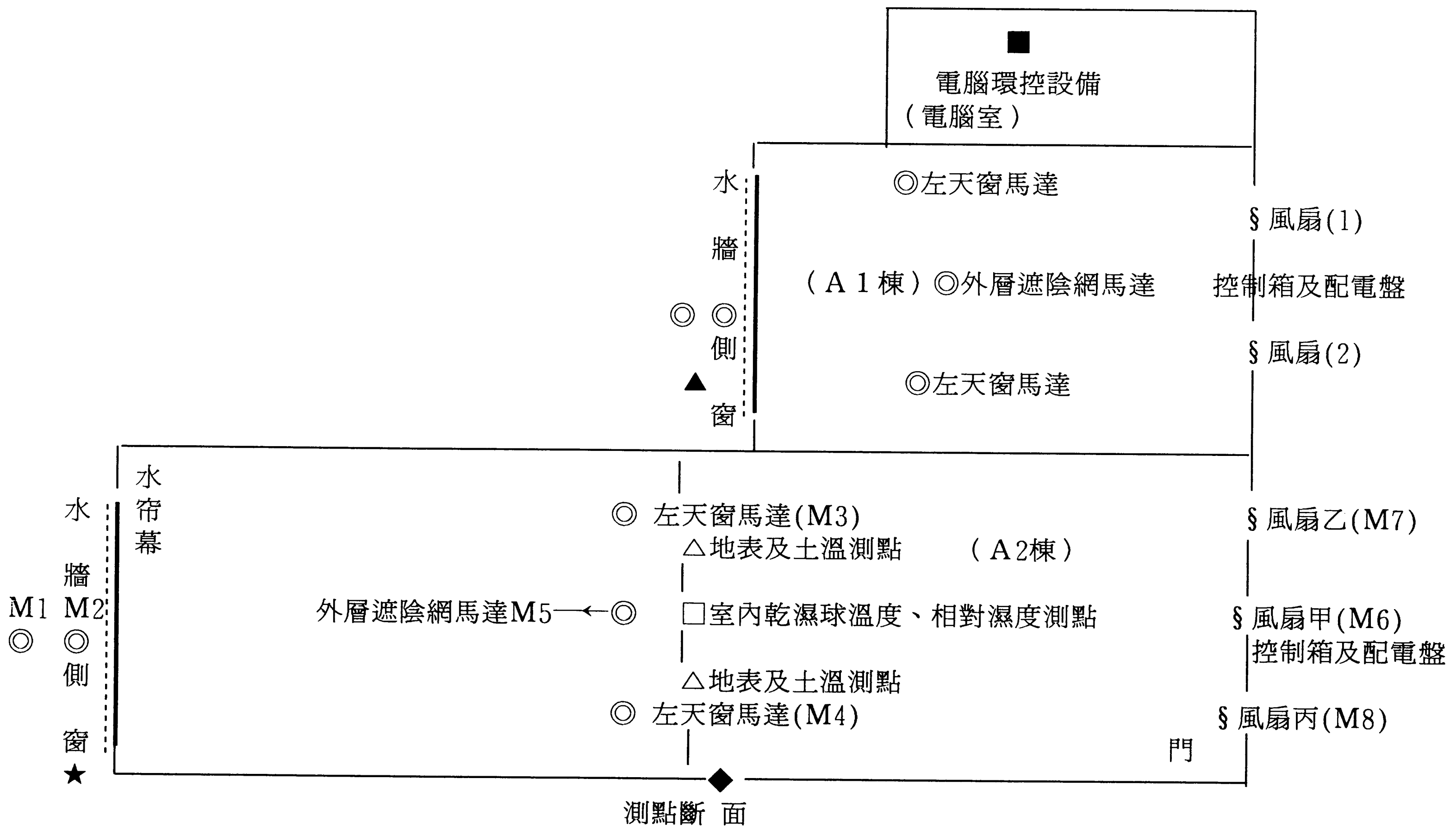
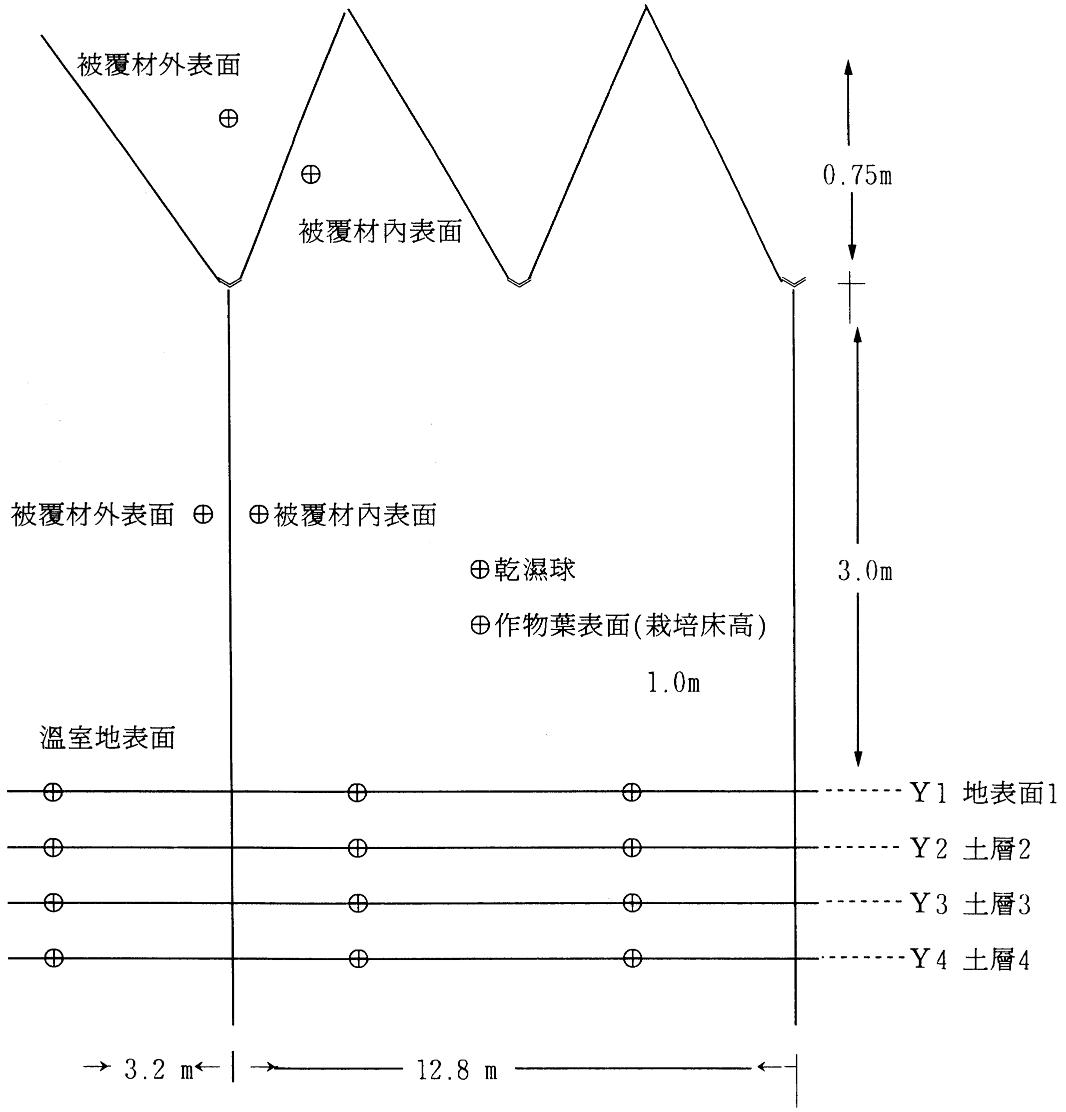


圖 3　裝置各感測元件之系統方塊圖



M1:水牆側窗馬達。 M2:水牆抽水幫浦。 ★:小型外氣候觀測台。 ◆:披覆材內外溫度測點位置。
▲：室外地表及土溫測點位置。

圖 4　宜蘭農工專校園藝科Pad and Fan型溫室電氣設施及環控感測設備配置平面圖



(註：Y1 =0.02m，Y2 =0.1m，Y3 =0.2m，Y4 =0.7m)

圖 5 溫室單間之山牆立面圖及裝設測溫IC(AD590)測點位置

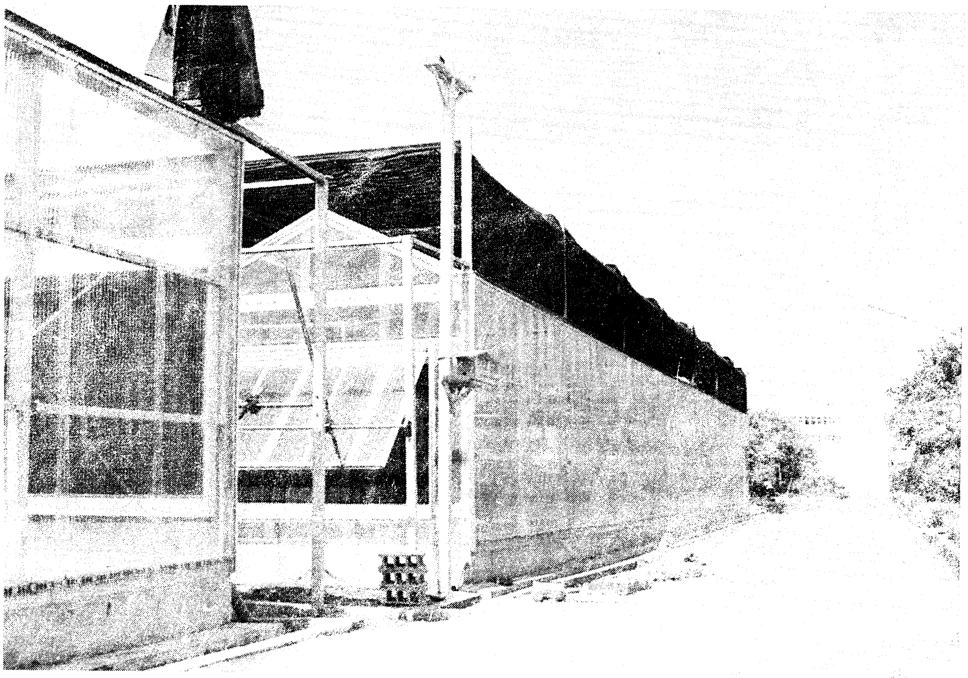


圖 6　溫室外裝設小型外氣候觀測台

圖 7　溫室內地表及土層溫度測點之情況

圖 8　溫室外計測披覆材表面溫度測點安裝

圖 9　在室內以電氣式直示型通風溫濕度計測箱計測乾濕球溫度及相對濕度

圖 10　在電腦室之電腦及其周邊界面設備組成之環控系統

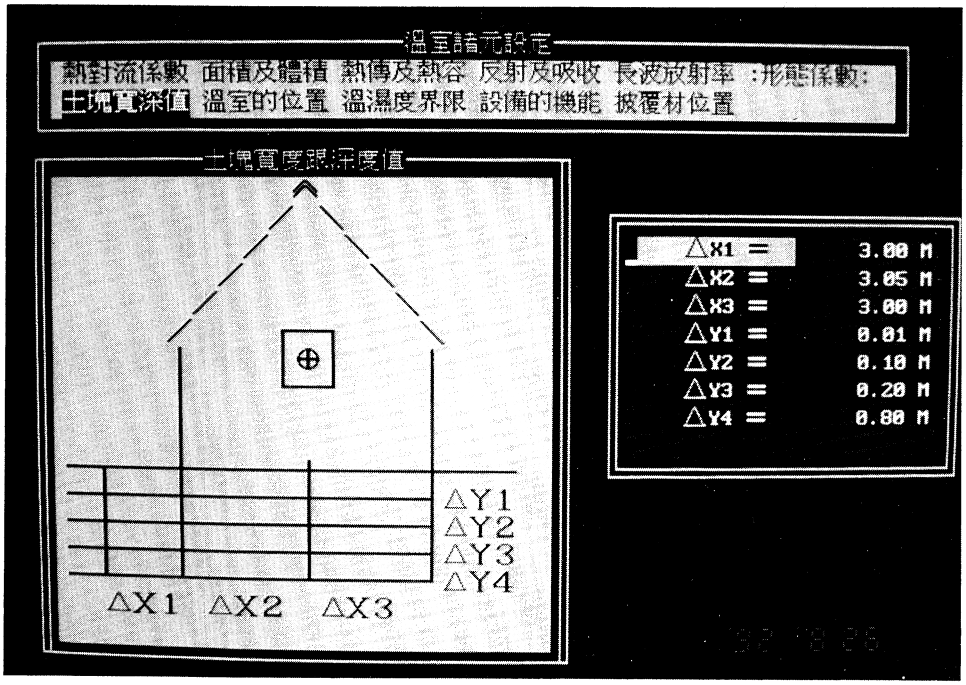


圖 11　該溫室土塊寬深值之設定

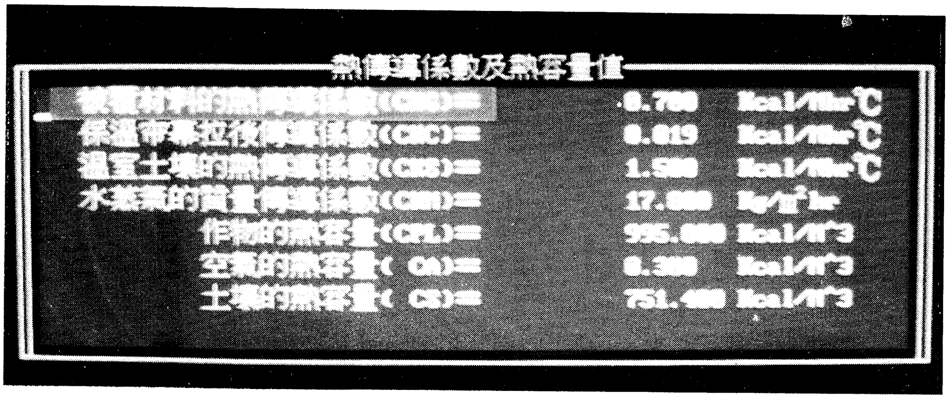


圖 12　該溫室熱傳及熱容各參數之設定

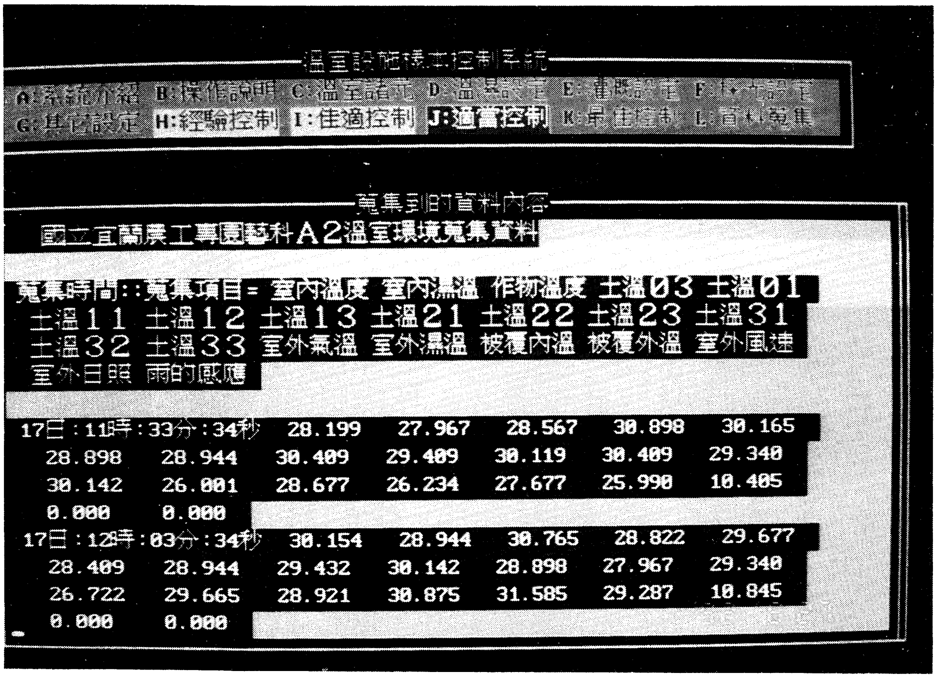


圖 13　該溫室微氣候資料蒐集內容視窗顯示

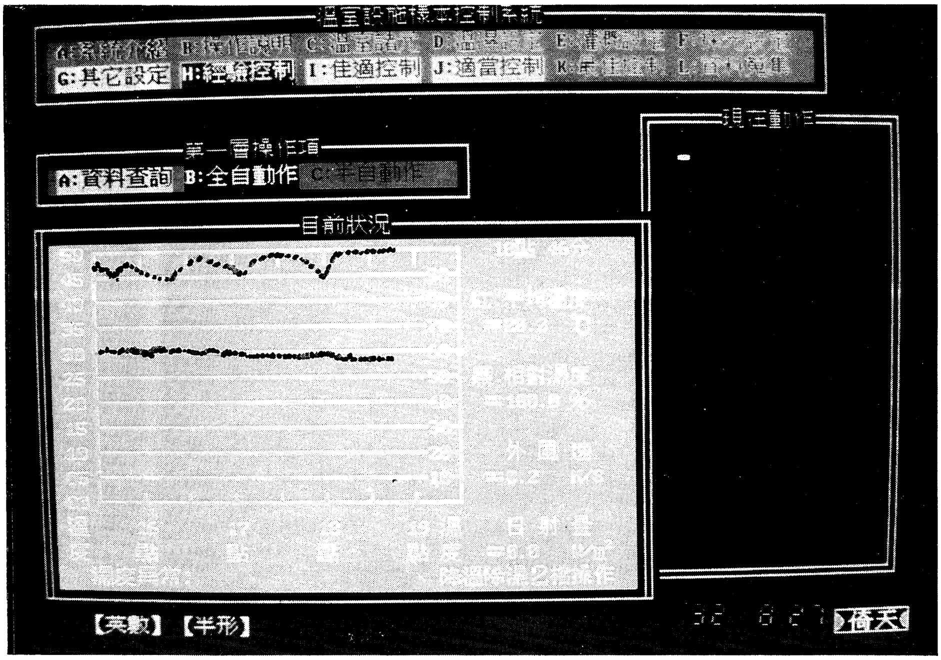


圖14　該溫室在經驗控制檔操作下視窗顯示溫室內溫度、相對濕度及動作設備之情況